# (52) 鋼管ジベルを用いた鋼管矢板高耐力継手の 実験的研究

有川 直貴1・富山 茂樹2・村尾 光則3・篠崎 裕生4

1正会員 三井住友建設株式会社 技術研究所 (〒270-0132千葉県流山市駒木518-1) E-mail:arikawan@smcon.co.jp

<sup>2</sup>正会員 三井住友建設株式会社 土木設計部 (〒104-0051東京都中央区佃2-1-6) E-mail:sigekitomiyama@smcon.co.jp

<sup>3</sup>正会員 三井住友建設株式会社 土木設計部 (〒104-0051東京都中央区佃2-1-6) E-mail:mitsunorimurao@smcon.co.jp

<sup>4</sup>正会員 三井住友建設株式会社 技術研究所 (〒270-0132千葉県流山市駒木518-1) E-mail:shinozaki@smcon.co.jp

著者等は、相互に連結された鋼管矢板を橋脚として用いる新しいパイルベント基礎を研究している.本 工法では、矢板同士の継手に比較的大きなずれ抵抗力が必要とされる.そこで、P-T継手の鋼管に内面リ ブ付き鋼管を、T鋼板に鋼管ジベルを配置してせん断耐力を高めた継手を考案した.鋼管ジベルとは、モ ルタルを充填した鋼管を鋼板孔に設置して高耐力のずれ止めとして機能させるものである.本論文では、 この継手の2面せん断実験を実施して継手のせん断強さを確認するとともに、供試体切断面の観察から継 手の破壊形態を明らかにした.そして、破壊形態は鋼管ジベルの長さ(突出長)によって異なることを示 すとともに、鋼管ジベル長さを考慮した継手の耐力評価式を提案した.

Key Words : steel pipe sheet pile junction, mortar filled steel tube, pile bent pier

## 1. はじめに

著者らは、相互に連結された鋼管矢板を基礎とし、そ れをそのまま地上に延長して橋脚とする新しいパイルベ ント基礎橋脚を研究している.矢板同士の継手強度が十 分であれば、従来技術である鋼管杭パイルベント橋脚に 比べて曲げ剛性が大きくなり、地震時の応答変位を小さ くすることができる.これにより、現行の指針に規定さ れているL2 地震動に対して必要な性能を確保すること も可能となる.構造上、フーチングが不要であり、都市 部などでの狭隘な施工ヤードにおける急速施工が実現で きる.

試設計の結果,脚部が所要の曲げ剛性を発揮するため には,鋼管矢板同士の継手に比較的大きなずれ抵抗力が 必要であることが分かった.既往の研究 <sup>0</sup>より図-1 に示 すような高耐力継手は存在するが,新しいパイルベント 橋脚にはさらに高耐力な継手が必要であった.そこで, P-T 継手の鋼管に内面リブ付き鋼管を,T鋼板に鋼管ジ ベルを用いてせん断耐力を高めた継手を考案した.鋼管 ジベルとは、モルタルを充填した鋼管を鋼板孔に設置し て高耐力のずれ止めとして機能させるものである.本論 文では、この継手の2面せん断実験を実施して継手のせ ん断強さを確認するとともに、供試体切断面の観察から 継手の破壊形態を明らかにした.そして、破壊形態は鋼 管ジベルの長さ(突出長)によって異なることを示すと ともに、それらを考慮した継手の耐力評価式を提案した.



#### 2. パイルベント基礎橋脚概要

#### (1) 構造概要

従来のパイルベント橋脚は、仮締切りが軽微となるこ とから河川橋梁において過去に数多く採用されてきたも のの、独立した杭を梁で連結した構造となり剛性が小さ く、また、地震時の応答変位が大きく耐震性能に劣るこ とから、現在では適用される事例が少ない.新しいパイ ルベント橋脚は相互に連結された鋼管矢板を基礎とし、 それをそのまま地上に延長して脚柱を構成することから、 従来のパイルベント橋脚に比べて曲げ剛性が大きくなり、 地震時の応答変位を小さくすることができる.

基本構成は鋼管矢板4本としており,図-2に示すよう な中央分離帯内での狭隘なスペースでの施工が可能とな る.また,フーチングが不要であることから,掘削に伴 う既存道路への影響がなく,近接施工も可能となる.

#### (2) 試設計概要

全幅員 120m,支間 40.0mの規模の多径間連続鋼 I 桁 橋を想定して,新しいパイルベント基礎橋脚の試設計を 実施した.設計地盤面より上方を橋脚,下方を地盤バネ に支持された基礎としてモデル化した,立体骨組解析法 を適用した.個々の鋼管矢板とそれを連結する継手を仮 想部材とモデル化し,継手部のせん断ずれは,せん断剛 性およびせん断耐力によるバイリニア型として評価した. また,従来の橋脚のように柱と基礎の終局部材位置が特 定できないことから,非線形部材としてモデル化した動 的照査法にて試設計を実施した.なお,鋼管部材の M- $\phi$ 特性は,道路橋示方書V耐震設計編<sup>2</sup>に準拠して算出 した.試設計における構造仕様を**表-1**に示す.

試設計の結果,従来の P-P 継ぎ手を用いた場合,比較 的小さい荷重レベルにおいて,継手が塑性化し応答変位 が大きくなることが明らかとなった.そこで,継手の高 耐力化を図るため新たな継手構造として鋼管ジベル継手 を考案した.

#### (3) 鋼管ジベル継手概要

鋼管ジベル継手は接合する鋼管矢板の一方には一般的 な継手と同様に切欠きを設けた鋼管を設置し、もう一方 には孔あき鋼板の孔部に鋼管ジベルを挿入した鋼板を設 置し、継手鋼管内にモルタルを充填する.継手鋼管はせ ん断力を受けると切欠き部が開くため、孔あき鋼板を設 置した鋼管矢板に丸鋼を設置し継手鋼管の開きを抑制し ている. せん断力の伝達は継手鋼管からモルタルを介し 鋼管ジベルへと伝達する構造となっている. 図-3に鋼管 ジベル継手の概要を示す.



図-2 パイルベント基礎橋脚 概要

			仕様	備考		
	脚柱部		φ1100 厚み15mm 4本 (SKY490)	鋼管内 コンクリート 充填		
		上杭	φ1100 厚み25mm 4本 (SKY490)	鋼管内 コンクリート 充填		
	基礎部	中杭	¢1100 厚み22mm 4本 (SKY490)	鋼管内 コンクリート 充填		
		下杭	φ1100 厚み15mm 4本 (SKY490)	_		

表-1 試設計における構造仕様



## 3. 実験概要

#### (1) 試験体

試験体形状を図-4に示す. 試験体は, 鋼管矢板を模擬 した3本のH形鋼と, それらを繋ぐ2か所の継手から構 成される. 2 か所の継手は, 実施工を考慮して, 同じ向 きになるよう配置した. これらの支柱を所定の位置に設 置し, 継手管内にモルタルを充填し各支柱を接合した. 継手の長さは1か所1000mmとした. 中央に配置した H 形鋼を下方に押込むことで、継手にせん断力が作用する. 両外側の支柱下端はベースプレートに溶接している.

試験体種類を表-2に示す. No.1 は比較用の一般的な P-P 継手である. 継手鋼管の大きさは外径 φ 165.2, 厚さ 11mm である. 充填モルタルは鋼管矢板基礎で一般的に 用いられている設計基準強度 21N/mm<sup>2</sup>程度に設定した. 試験時の充填モルタル強度は 21.6N/mm<sup>2</sup>であった. No.2 も比較用の高耐力 P-P 継手で, 鋼管と充填モルタル間の ずれ抵抗を高めるため,内面縞鋼管を用いている. 充填



図-4 試験体形状

試験体	継手 構造	継手鋼管径 D(mm)	板厚 t(mm)	鋼管 仕様	鋼管 ジベル径 (mm)	鋼管 ジベル長 (mm)	継手鋼管 開き拘束	上部 面外方向 拘束	継手鋼管 モルタル 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	鋼管ジベル モルタル 強度 (N/mm <sup>2</sup> )
No.1	חח	P-P 165.2 11 P-T		素管		_	—	無	21.6	_
No.2	P-P		縞鋼管		—	—	無	50.0	_	
No.3			縞鋼管	34	34	無	無	26.0	80.3	
No.4			編鋼管	34	34	有	有	56.7	82.3	
No.5				編鋼管	34	17	有	有	52.4	82.3

表-2 試験体一覧

モルタルは設計基準強度 40N/mm<sup>2</sup>で,試験時のモルタ ル強度は 50.0N/mm<sup>2</sup>であった.

No.3 から No.5 は鋼管ジベル継手を用いた試験体で, いずれも継手鋼管に No.2 と同様に内面縞鋼管を用いた. 鋼管ジベルは,T鋼板に開けた 35mm の孔に挿入してエ ポキシ樹脂で固定した.継手部1カ所当たり鋼管ジベル を 10本設置した. No.3 は,継手鋼管の開き防止用の丸 鋼を設置していない試験体である.鋼管ジベルの長さ

(T鋼板からの突出長) はジベル径と同じ 34mm とした. 継手鋼管内の充填モルタルは No.1 と同様設計基準強度 21N/mm<sup>2</sup> に設定した. 試験時のモルタル強度は 26.0N/mm<sup>2</sup>であった. No.4 は,継手鋼管の開きを拘束す るための丸鋼を設置し,なおかつ,載荷時に外側の支柱 が側方に開かないように拘束した試験体である. 鋼管ジ ベルの長さはジベル径と同じ 34mm とした. 試験時のモ ルタル強度は 56.7N/mm<sup>2</sup>である. No.5 は, No.4 における 鋼管ジベル長をジベル径の 1/2 である 17mm にした試験 体である. 試験時のモルタル強度は 52.4N/mm<sup>2</sup>であった.

本試験で用いた素管・縞鋼管・孔あき鋼板・ジベル鋼 管の材料特性を表-3に示す. 縞鋼管の縞高さは平均で約 1mm のものを用いた. 鋼管ジベルに用いた鋼管は外径 34mm で厚さ 2.3mm のものを用いた. 鋼管ジベルに充填 したモルタルの圧縮強度は表-2 に示す通り, 80.3~ 82.3N/mm<sup>2</sup>である.

## (2) 試験方法

図-5に示す容量1000fの載荷フレームを用いて載荷した.載荷方法は図-5に示すように中央支柱を上部から押し下げる方法で載荷した.繰返し荷重の影響を確認するため,継手の相対ずれ変位をモニタリングしながら載荷と除荷を繰り返す片振り漸増載荷とした.載荷サイクルを表-4に示す.

中央支柱と両端支柱の相対ずれ変位を継手一カ所当た り3断面測定した.また,継手の上下端にて鋼管の開き 変位を測定した.

#### (3) 継手の設計

継手の諸元を設定するにあたり、継手のせん断耐力を 推定した. 表-5に計算結果を整理して示す. 継手のせん 断耐力を決定する要因として、継手鋼管と充填モルタル との付着耐力、鋼管ジベルのせん断耐力、孔あき鋼板の せん断耐力が想定される. 継手鋼管と充填モルタルの付 着耐力は式(1)によって算出した.

$$V_b = \tau \times B \times L \tag{1}$$

*V*<sub>b</sub>:継手鋼管と充填モルタルの付着耐力(kN), τ:継 手鋼管と充填モルタルの付着強度(N/mm<sup>2</sup>), *B*:鋼管有効

表-3 材料特性

佰日	坦故	降伏強度	引張強度
項目	从北省	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
素管	SGP	_	375
内面縞鋼管	SGP	_	375
孔あき鋼板	SS400	310	435
ジベル鋼管	STK400	482	499



図-5 載荷装置

表-4 載荷サイクル

載荷フテップ	相対ずれ変位	繰返しピッチ
戦间ハノソフ	(mm)	(mm)
1	0~0.4	0.1
2	0.4~1.0	0.2
3	1.0~2.2	0.4
4	3.0~10.0	1.0
5	10.0~破壊まで	5.0

表-5 計算せん断耐力

No.	付着 耐力 (kN/m)	鋼管 ジベル 耐力 (kN/m)	孔あき 鋼板 耐力 (kN/m)	せん断 耐力 (kN/m)	予想 破壊 箇所
1	198 (0.85)		—	198	鋼管 界面
2	3690 (27.3)	_	—	3690	鋼管 界面
3	9320	2026	2260	2026	鋼管 ジベル
4	13764	2032	2260	2032	鋼管 ジベル
5	13231	2032	2260	2032	鋼管 ジベル

( )内の数値は付着強度 N/mm<sup>2</sup>

## 付着面延長(mm), L: 継手長さ(mm)

なお、鋼管とモルタルの有効付着面は図-6に赤で示し た部分を仮定した。

式(1)中の ては、コンクリート標準示方書 ふより式(2)に よって算出した.

$$\tau = 0.28 \times f'_{ck}{}^{2/3} \times 0.4 \tag{2}$$

 $\tau$ :鋼管とコンクリートの付着強度(N/mm<sup>2</sup>),  $f_d$ : コン クリート<br />
圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

編鋼管の付着強度は既往の研究 ∜より式(3)によって算出 した.

$$\tau = \sqrt{\sigma_B} \times \{2.79 + 163.3 (t/B)\}$$
(3)

 $\tau$ : 縞鋼管とコンクリートの付着強度(kgf/cm<sup>2</sup>),  $\sigma_B$ : モ ルタルの圧縮強度(kgf/cm<sup>2</sup>), t: 鋼管厚さ(mm), B: 鋼管 径(mm)

鋼管ジベルのせん断耐力は既往の研究5より式(4)によ って算出した.

30 40

2,500

2,000

1,500

1.000

500

0

0

(a) No.1

せん<br />
第<br />
な<br />
(kn/m)

2.500

2,000

1,500

1,000

500

0

0 10 20

せん 売 カ(kn/m)



Vsu:鋼管ジベルのせん断耐力(N), Am:充填モルタル断 面積(mm<sup>2</sup>), f<sub>mu</sub>:充填モルタル圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>), A<sub>v</sub>:鋼 管断面積(mm<sup>2</sup>), f<sub>st</sub>:鋼管の引張強度(N/mm<sup>2</sup>)

鋼管ジベル継手は孔あき鋼板に鋼管ジベルを設置する ため孔あき鋼板のせん断耐力は鋼管ジベルよりも大きく なくてはならない. 本試験で用いた孔あき鋼板は材質が SS400, 厚さ 9mm, 長さ 1000mm であるため, 鋼板のせ ん断耐力は2260kN//mとなる.



図-7 実験結果(せん断力-相対ずれ変位)

## 4. 実験結果および考察

#### (1) 実験結果と破壊性状

各試験体のせん断力と相対ずれ変位の関係を図-7に, 試験により得られた最大せん断力を表-6にまとめて示す. せん断力は継手 lm あたりの荷重で,載荷荷重の半分で ある.相対ずれ変位は1試験体につき6カ所で測定した 値の平均である.

No.1は相対ずれ変位 1.3mm で最大せん断力 498kN/mに 達した後、荷重は低下した.最大せん断力が計算せん断 力よりも大きい理由は、実験では試験体上部が載荷荷重 の増加にともなって外側へ開こうとするため、継手鋼管 とモルタル間の付着だけでなく、鋼管とモルタルの押し 付けに伴う摩擦力が付加されているためと考えられる.

No.2は相対ずれ変位 6.1mm で最大せん断力 1740kN/m に達した後、急激にせん断力が低下した.内面縞鋼管を 使用することで、鋼管とモルタルの付着が良好となり、 せん断耐力が大きく増加した.せん断耐力は、既往の研 究 いによる実験結果とほぼ一致している.

No.3 は相対ずれ変位 3.0mm で最大せん断力 641kN/mを 示し、その後徐々に荷重が低下した.計算せん断力に対 し、実験値の最大せん断力は 1/3 程度であった. No.3 は、 継手鋼管の開きの拘束と両側支柱の面外方向の拘束をし ておらず、継手鋼管から T鋼板が抜け出すようにして耐 力を失った. 写真-1 と写真-2 は、試験後に継手鋼管を剥 いで、内部の状況を確認したものである. 破壊形態は左 右で異なっている. 左側は、鋼管ジベルの頭を繋いだ面 でモルタルの滑りが生じている. 継手鋼管とモルタルは、 比較的一体性が確保されている状況であった. これは、 左側は中央支柱に T鋼板を、外側支柱に継手鋼管を設置 した継手となっており、外側支柱は載荷によって上部が 外側に移動しようとするため、鋼管ジベル背面に引張力 が作用してすべり面が生じたと考えられる.

一方,右側では、モルタル表面に水平方向のひび割れ が複数生じていた.位置は、鋼管ジベルの位置とほぼ一 致しており、ジベルの支圧によってモルタルが押抜きせ ん断破壊していたと考えられる.このことから No.3 試 験体の破壊は、設計で見込んだ鋼管ジベルのせん断破壊 ではなく充填モルタルの破壊によって決まっていると考 えられる.

No.4 は相対ずれ変位が 24.5mm で最大せん断力 2241kN/m であった. No.4 試験体は No.3 試験体と異なり, 両側支柱の上部面外方向の拘束がある,また,継手鋼管 の開きを拘束する丸鋼を設置した試験体である.最大せ ん断力は計算せん断力と同程度でありこれらの拘束効果 が確認できた. 写真-3 に No.4 の継手鋼管切断後状況を

表-6 実験結果

	せん地	新耐力	相対ずれ変位		
No.	(kN	l∕m)	最大せん断力時		
	実験値	計算値	(mm)		
1	498	198	1.3		
2	1740	3690	6.1		
3	641	2026	3.0		
4	2241	2032	24.5		
5	2076	2032	15.0		



写真-1 No.3 継手鋼管切断後



 (a)左側
 (b)右側

 写真-2
 No.3
 継手鋼管内部状況



写真-3 No.4 継手鋼管切断後



(a) モルタル撤去後(b) 下側拡大写真-4 No.4 継手鋼管充填モルタル撤去後状況

示す. 充填モルタルは両側とも表面に縞鋼管の突起形状 が残り,損傷している部分は少ないことから鋼管の開き を拘束することによって継手鋼管の付着抵抗力を維持で きている.

写真-4(a)に継手鋼管を剥いで、さらに充填モルタルを 撤去した状況を示す.破壊形態は鋼管ジベルが破断して いることから鋼管ジベルのせん断破壊である.最上段の ジベルが破断していないが、最上段はモルタルのかぶり が小さいことからモルタルが押抜きせん断破壊しジベル が破断に至らなかったと考えられる.また、最下段のジ ベルも破断していない.写真-4(b)に示す通り、下側では、 T鋼板の変形と破断が生じていた.表-5の孔あき鋼板の せん断耐力は 2260kN となっており、降伏荷重は 1200kN 程度であることから、鋼板が降伏し変形が大きくなった と考えられる.

No.5 は相対ずれ変位が 15.0mm で最大せん断力 2076kN/m であった. No.5 は No.4 と同条件で鋼管ジベル の長さが 1/2 である. 最大せん断力は計算せん断力に達 しているが、最大せん断力時の相対ずれ変位が No.4 と 比較し10mm程度小さい結果となった.写真-5にNo.5の 継手鋼管切断後状況を示す.充填モルタルの表面はNo.4 と同様に縞鋼管の突起形状が確認され、損傷も少ないこ とから継手鋼管と充填モルタルの付着耐力はジベルのせ ん断耐力よりも大きかったと考えられる.写真-6に充填 モルタル撤去後状況を示す. 写真から鋼管ジベルが破断 していないことが確認される.写真-7に充填モルタルの せん断破壊状況を示す. モルタルのせん断破壊面は鋼管 ジベルの頭と側面を繋いだ面であることが確認できた. No.5 は鋼管ジベルの突出長が No.4 の 1/2 と短いためモル タルへ作用する支圧力が大きくなりせん断破壊したと考 えられる.



写真-5 No.5 継手鋼管切断後



写真-6 充填モルタル撤去後状況



写真-7 モルタルのせん断破壊状況

## (2) 継手鋼管開きに関する考察

鋼管ジベル継手を用いた試験体のせん断力と継手鋼管 の開き変位の関係を図-8に示す.開き変位は継手鋼管の 切欠き部直角方向の相対変位を継手部1カ所の上下計4 点で測定した.

開き変位は全ての試験体で同様な傾向が確認された. 載荷初期に④の変位増加が大きくなり、その後①の変位 増加が大きくなり、最大せん断力付近で②・③の変位増 加が大きくなる傾向がみられる.このような傾向から右 側の継手の開き変位は上から開きが発生し、徐々に下へ と開き、左側の継手は下から開きが発生し、徐々に上へ と開いていると考えられる.

各せん断力時の開き変位分布を図-9に示す.開き変位 は左右の開きが大きい①と④の平均値と変位が小さい② と③の平均値とした.測定高さは変位が小さい値を下端 とし、大きい値を上端とした.開き変位2.0mmの破線は 編鋼管の突起高さを示す.せん断力 640kNはNo.3の最大 せん断力となる.図-9(a)より開き変位の拘束していない No.3の開き変位が大きいことから、No.4・No.5の継手鋼 管開き防止用の丸鋼が鋼管の開きを抑制していると考え られる.





No.	最大せん断力 (kN/m)	鋼管ジベル長 (mm)	継手モルタル 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	開き・面外 拘束	破壊 形態
3	641	34	26.0	無	モルタル せん断破壊
4	2241	34	56.7	有	鋼管ジベル せん断破壊
5	2076	17	52.4	有	モルタル せん断破壊

表-8 鋼管ジベル継手試験体の条件と破壊形態

鋼管が開くことによって鋼管とモルタルの付着抵抗力 が低下したと考えられる.図-9(b)より,継ぎ手下端では すべての試験体で縞鋼管の突起高さよりも開き変位が小 さく,継ぎ手上端では突起高さよりも開き変位が大きい. 各試験体の開き変位が突起高さ(2.0mm)以上の範囲を表-7に示す.鋼管の開きを拘束した No.4 と No.5の範囲が継 手範囲の 1/2 以上となっていることから最大せん断力の 時では付着抵抗力が大きく低下していたと考えられる.

#### (4) 充填モルタルのせん断耐力に関する考察

鋼管ジベル継手試験体の試験体条件と破壊形態を表-8 に示す.鋼管ジベル継手の3試験体はすべて破壊形態が 鋼管ジベルのせん断破壊となるよう設計している.実験 結果から,破壊形態は No.4 のみ鋼管ジベルのせん断破 壊となり No.3・No.5は充填モルタルのせん断破壊となっ た.No.4と比較すると,No.5は鋼管ジベル長が異なり, No.3 は継手モルタル強度と開き・面外拘束が異なる. No.3 は条件の違いが2項目となるため,どちらの項目が せん断耐力に大きく影響しているか判断が難しい.この ことから,ここでは No.4 と No.5 試験体の比較から鋼管 ジベル長を考慮した充填モルタルのせん断耐力を考察し た.

No.5 の充填モルタルせん断破壊面概要を図-10 に示す. モルタルのせん断破壊面は図の点線で示すように鋼管ジ ベルに沿ってモルタルが滑っていたことから鋼管ジベル 平面の周長を有効せん断面延長とし,これに継手長さを 乗じたものをせん断抵抗面積とする.なお,側面におい てのせん断抵抗範囲については鋼管ジベルとモルタルの 境界部となることから鋼管ジベル径を設置本数分除いた 範囲とする.モルタルのせん断強度は,ここで定義した せん断抵抗面積と実験から得られた最大せん断力を用い て No.4 の条件でモルタルせん断耐力が鋼管ジベル耐力 よりも大きく,No.5の条件でモルタルせん断耐力が鋼管 ジベル耐力よりも小さくなるように圧縮強度に係数をか けて算出した.以上より充填モルタルのせん断耐力評価 式を式(5)に示す.

表-7 開き変位が突起高さ(2.0mm)以上の範囲

	開き変位
No.	2.0mm以上範囲
	(mm)
3	188
4	704
5	508





$$V_{mu} = 1.25 \times f'_{ck}{}^{2/3} \times (A_1 + A_2)/1000$$
 (5)

$$A_1 = (4 \times L_j \times L_{jo})$$
$$A_2 = 2 \times D_j \times \{L_{jo} - (D_j \times n_j)\}$$

*V<sub>mu</sub>*: 充填モルタルせん断耐力(kN), *A<sub>l</sub>*: せん断力有効断 面積(鋼管ジベル軸方向)(mm<sup>2</sup>), *A<sub>2</sub>*: せん断力有効断面積 (鋼管ジベル直角方向)(mm<sup>2</sup>), *L<sub>j</sub>*: ジベル突出長(mm), *L<sub>jo</sub>*: 継手全長(mm), *D<sub>j</sub>*: ジベル径(mm), *n<sub>j</sub>*: ジベル設置 本数(本) 式(5)を用いて算出した充填モルタルの設計せん断耐 力と鋼管ジベル設計耐力を図-11 に示す.設計に用いた 充填モルタル強度は40N/mm<sup>2</sup>とした.設計耐力を比較す ると No.5 の充填モルタルせん断耐力が鋼管ジベル耐力 よりも小さく,No.4の充填モルタルせん断耐力が鋼管ジ ベル耐力よりも大きいことから提案した評価式で充填モ ルタルのせん断耐力を評価できると考えられる.

## 5. まとめ

鋼管矢板接合において, 縞鋼管と鋼管ジベルを用いた 鋼管ジベル継手の2面せん断実験を実施し,以下の知見 が得られた.

①鋼管ジベル継手は継手鋼管の開きの拘束と面外方向 への拘束をしない場合,せん断耐力は設計せん断耐力の 1/3程度となる.

②鋼管ジベル継手は拘束条件や鋼管ジベルの突出長が 短くなると鋼管ジベルのせん断破壊ではなくモルタルの せん断破壊となる.

③継手鋼管開き防止冶具を設置することで継手鋼管の 開きを抑制できる.

④鋼管ジベルの突出長を考慮した充填モルタルのせん 断耐力評価式を提案した.



図-11 充填モルタル 40N/mm<sup>2</sup> 設計耐力

#### 参考文献

- 鋼管杭協会 道路・橋梁委員会: 縞鋼管高耐力継手 を用いた鋼管矢板基礎, 2007
- 日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐震設計編, pp219-pp224, 2012
- 3) 土木学会:コンクリート標準示方書設計編, pp35, 2012.
- 4) 井上末富、山本昇、南宏一:内面高突起付鋼管と充 填コンクリートの付着特性、コンクリート工学年次 論文報告集, Vol.15, No.2, pp.959-964, 1993.
- 5) 篠崎裕生,浅井洋,牧剛史,睦好宏史:鋼板孔を利 用した円柱部材によるずれ止めの実験的研究,土木 学会論文集, Vol.69, No.3, pp543-556, 2013.

## A STUDY ON HIGH STRENGTH JOINT USING STEEL PIPE DUBELS IN STEEL PIPE SHEET PILES

## Naoki ARIKAWA, Shigeki TOMIYAMA, Mitsunori MURAO and Hiroo SHINOZAKI

The authors study the new pile bent pier and foundation using a number of steel pipe sheet pile connected mutually In this construction method, relatively high shear strength is required to a joint between steel pipe sheet pile at pier section. Therefore we devised the joint that improve shear capacity. This joint have a pipe with the internal projection and the mortal filled steel tube. The mortal filled steel tube installs the steel tube which filled mortar in the steel sheet aperture and functionalizes it as a connectors of the high shear capacity. This paper, we carried out push-out test of this joint and confirmed the shear strength of the joint and clarified the destruction form of the joint from the internal observation of the joint. The destruction form showed that it varied according to the length of the steel pipe dubels and suggested a capacity evaluation formulae of the joint in consideration of a destruction surface.